

1/5/8 (Item 8 from file: 351)  
DIALOG(R)File 351:Derwent WPI  
(c) 2005 Thomson Derwent. All rts. reserv.

10/539290

10778290113 10 JUN 2005

011324134 \*\*Image available\*\*  
WPI Acc No: 1997-302038/ 199728  
XRPX Acc No: N97-249637

**Wavelength dispersion measurement method of optical fibre - involves calculating variation of propagation delay time with respect to wavelength by considering distance between curved part and incidence end of fibre**

Patent Assignee: SUMITOMO ELECTRIC IND CO (SUME )

Number of Countries: 001 Number of Patents: 001

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
JP 9113415	A	19970502	JP 95274513	A	19951023	199728 B

Priority Applications (No Type Date): JP 95274513 A 19951023

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan Pg	Main IPC	Filing Notes
JP 9113415	A	9	G01M-011/02	

Abstract (Basic): JP 9113415 A

The method involves using a light source (10) to radiate light of predetermined wavelength, that is projected at one end of an optical fibre (12). A curved part of the fibre is at a specific distance (Li) from its light incidence end. The projected light leaking from the curved part is detected by an optical receiver (14).

Based on the output of the receiver, a measuring device (16) measures the propagation delay time of the light which is the defence between the projection time and the detection time. This process is repeated by projecting light beams of differing wavelengths. The variation of delay time with respect to wavelength is calculated by taking into account the distance between the curved part and the incidence end of the fibre.

ADVANTAGE - Calculates wavelength dispersion value from incidence end to arbitrary locations without damaging optical fibre.

Dwg.1/5

Title Terms: WAVELENGTH; DISPERSE; MEASURE; METHOD; OPTICAL; FIBRE;  
CALCULATE; VARIATION; PROPAGATE; DELAY; TIME; RESPECT; WAVELENGTH;  
DISTANCE; CURVE; PART; INCIDENCE; END; FIBRE

Derwent Class: P81; S02; V07

International Patent Class (Main): G01M-011/02

International Patent Class (Additional): G02B-006/00

File Segment: EPI; EngPI

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-113415

(43)Date of publication of application : 02.05.1997

(51)Int.Cl.

G01M 11/02

G02B 6/00

(21)Application number : 07-274513

(71)Applicant : SUMITOMO ELECTRIC IND LTD

(22)Date of filing : 23.10.1995

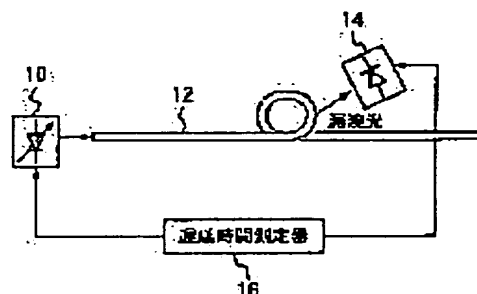
(72)Inventor : KATOU TAKATOSHI  
SUETSUGU YOSHIYUKI  
NISHIMURA MASAYUKI

## (54) METHOD FOR MEASURING WAVELENGTH DISTRIBUTION OF OPTICAL FIBER

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for measuring the waveform variance in a specified section of an optical fiber and the distribution thereof in the longitudinal direction of optical fiber accurately and nondestructively.

SOLUTION: A light of specified wavelength emitted from a light source 10 enters into an optical fiber 12 to be measured from one end thereof and leaks from the optical fiber 12 at a bend separated by a distance  $L_1$  from the incident end. The leaked light is detected by a light receiving unit 14 and converted into an electric signal. The electric signal is transmitted to a propagation time measuring unit 16 which measures the time required for the light to travel the distance  $L_i$  from the incident end of the optical fiber 12. The operation is repeated while varying the wavelength of light in order to determine the dependency of propagation time on the wavelength. Wavelength variance is determined nondestructively for the distance  $L_i$  from the incident end of the optical fiber 12 by differentiating the propagation time by the wavelength.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 9 - 1 1 3 4 1 5

(43) 公開日 平成 9 年 ( 1 9 9 7 ) 5 月 2 日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G01M 11/02

G01M 11/02

K

G02B 6/00

G02B 6/00

A

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平 7 - 2 7 4 5 1 3

(22) 出願日 平成 7 年 ( 1 9 9 5 ) 1 0 月 2 3 日

(71) 出願人 0 0 0 0 0 2 1 3 0

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目 5 番 3 3 号

(72) 発明者 加藤 考利

神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電

気工業株式会社横浜製作所内

(72) 発明者 末次 義行

神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電

気工業株式会社横浜製作所内

(72) 発明者 西村 正幸

神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電

気工業株式会社横浜製作所内

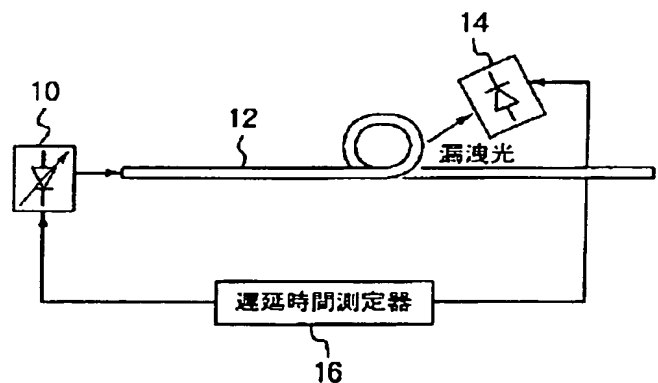
(74) 代理人 弁理士 長谷川 芳樹 (外 3 名)

(54) 【発明の名称】 光ファイバの波長分散測定方法

(57) 【要約】

【目的】 本発明は、光ファイバの特定の区間における波長分散値及び光ファイバの長手方向における波長分散値の分布を非破壊で精度よく測定することができる波長分散測定方法を提供することを目的とする。

【構成】 光源 10 から出射した所定の波長の光を被測定光ファイバ 12 の一端に入射し、入射端から距離  $L_1$  にある屈曲部において光ファイバ 12 から漏洩させる。この漏洩光を光受信器 14 により検出し、電気信号に変換する。この電気信号を伝搬時間測定器 16 に送り、被測定光ファイバ 12 の入射端から距離  $L_1$  を伝搬した光の伝搬時間を測定する。この操作を、光の波長を変えて繰り返し、被測定光ファイバ 12 の入射端から距離  $L_1$  を伝搬する光の伝搬時間の波長依存性を求め、伝搬時間を波長によって微分することにより、被測定光ファイバ 12 の入射端から距離  $L_1$  までの波長分散値  $D_1$  を非破壊で求める。



1

2

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 第 1 の端から第 1 の光路距離だけ離れた部分を屈曲させ屈曲部とした光ファイバの前記第 1 の端から複数の波長の光を入射する第 1 のステップと、前記屈曲部から前記光ファイバの外へ漏洩した各波長の光の検出する第 2 のステップと、前記第 1 の端からの光の入射時刻と前記屈曲部からの漏洩光の検出時刻との差である第 1 の伝搬時間を各波長について求める第 3 のステップと、前記第 1 の伝搬時間と前記第 1 の端から前記屈曲部までの光路距離とに基づいて、前記第 1 の端から前記屈曲部までの部分に関する第 1 の波長分散を求める第 4 のステップと、を備えることを特徴とする光ファイバの波長分散測定方法。

【請求項 2】 前記第 4 のステップに引き続き、前記光ファイバの第 2 の端から複数の波長の光を入射する第 5 のステップと、前記屈曲部から前記光ファイバの外へ漏洩した各波長の光と前記第 1 の端から出射した各波長の光の夫々検出する第 6 のステップと、前記屈曲部からの漏洩光の検出時刻と前記第 1 の端からの出射光の検出時刻との差である第 2 の伝搬時間を各波長について求める第 7 のステップと、各波長に関する前記第 2 の伝搬時間と前記屈曲部から前記第 1 の端までの光路距離とに基づいて、前記屈曲部から前記第 1 の端までの部分に関する第 2 の波長分散を求める第 8 のステップと、前記第 1 の波長分散と前記第 2 の波長分散との平均値である第 3 の波長分散を求める第 9 のステップと、を備えることを特徴とする請求項 1 記載の光ファイバの波長分散測定方法。

【請求項 3】 第 1 の端から第 1 の光路距離だけ離れた部分を屈曲させた第 1 の屈曲部と前記第 1 の端から第 2 の光路距離だけ離れた部分を屈曲させた第 2 の屈曲部とを有する光ファイバの前記第 1 の端から複数の波長の光を入射する第 1 のステップと、前記第 1 の屈曲部および前記第 2 の屈曲部の夫々から前記光ファイバの外へ漏洩した各波長の光の夫々検出する第 2 のステップと、前記第 1 の端からの光の入射時刻と前記第 1 の屈曲部からの漏洩光の検出時刻との差である第 1 の伝搬時間と前記第 1 の端からの光の入射時刻と前記第 2 の屈曲部からの漏洩光の検出時刻との差である第 2 の伝搬時間とを各波長について求める第 3 のステップと、各波長に関する前記第 1 の伝搬時間と前記第 1 の端から前記第 1 の屈曲部までの光路距離とに基づいて、前記第 1 の端から前記第 1 の屈曲部までの部分に関する第 1 の波長分散を求めるとともに、各波長に関する前記第 2 の伝搬時間と前記第 1 の端から前記第 2 の屈曲部までの光路

距離とに基づいて、前記第 1 の端から前記第 2 の屈曲部までの部分に関する第 2 の波長分散を求める第 4 ステップと、前記第 1 の波長分散と前記第 2 の波長分散と前記第 1 の屈曲部から前記第 2 の屈曲部までの光路距離とに基づいて、前記第 1 の屈曲部から前記第 2 の屈曲部までの部分に関する第 3 の波長分散を求める第 5 のステップと、を備えることを特徴とする光ファイバの波長分散測定方法。

【請求項 4】 前記第 5 のステップに引き続き、前記光ファイバの第 2 の端から複数の波長の光を入射する第 6 のステップと、前記第 1 の屈曲部および前記第 2 の屈曲部の夫々から前記光ファイバの外へ漏洩した各波長の光の夫々検出する第 7 のステップと、前記第 2 の端からの光の入射時刻と前記第 1 の屈曲部からの漏洩光の検出時刻との差である第 3 の伝搬時間と前記第 2 の端からの光の入射時刻と前記第 2 の屈曲部からの漏洩光の検出時刻との差である第 4 の伝搬時間とを各波長について求める第 8 のステップと、各波長に関する前記第 3 の伝搬時間と前記第 1 の端から前記第 1 の屈曲部までの光路距離とに基づいて、前記第 2 の端から前記第 1 の屈曲部までの部分に関する第 4 の波長分散を求めるとともに、各波長に関する前記第 4 の伝搬時間と前記第 2 の端から前記第 2 の屈曲部までの光路距離とに基づいて、前記第 2 の端から前記第 2 の屈曲部までの部分に関する第 5 の波長分散を求める第 9 ステップと、前記第 4 の波長分散と前記第 5 の波長分散と前記第 1 の屈曲部から前記第 2 の屈曲部までの光路距離とに基づいて、前記第 1 の屈曲部から前記第 2 の屈曲部までの部分に関する第 6 の波長分散を求める第 10 のステップと、前記第 3 の波長分散と前記第 6 の波長分散との平均値である第 7 の波長分散を求める第 11 のステップと、を備えることを特徴とする請求項 3 記載の光ファイバの波長分散測定方法。

【請求項 5】 複数の区間に区分され、夫々の前記区間の境界部を夫々屈曲した屈曲部を有する光ファイバの第 1 の端から複数の波長の光を入射する第 1 のステップと、夫々の前記屈曲部から前記光ファイバの外へ漏洩した各波長の光および前記光ファイバの第 2 の端からの出射光を夫々検出する第 2 のステップと、前記第 1 の端からの光の入射時刻と夫々の前記屈曲部からの漏洩光の検出時刻または前記第 2 の端からの出射光の検出時刻との差である第 1 の伝搬時間を各波長について各屈曲部または前記第 2 の端に関して求める第 3 のステップと、各波長に関する夫々の前記第 1 の伝搬時間と前記第 1 の端から夫々の前記屈曲部または前記第 2 の端までの光路

距離に基づいて、前記第 1 の端から夫々の前記屈曲部または前記第 2 の端までの部分に関する第 1 の波長分散を求める第 4 ステップと、

各前記区間の両端に関する夫々の第 1 の波長分散と各前記区間の光路距離とに基づいて、各前記区間の第 2 の波長分散を求める第 5 のステップと、  
を備えることを特徴とする光ファイバの波長分散測定方法。

【請求項 6】 前記第 5 のステップに引き続き、

前記光ファイバの前記第 2 の端から複数の波長の光を入射する第 6 のステップと、

夫々の前記屈曲部から前記光ファイバの外へ漏洩した各波長の光および前記光ファイバの第 1 の端からの出射光を夫々検出する第 7 のステップと、

前記第 2 の端からの光の入射時刻と夫々の前記屈曲部からの漏洩光の検出時刻または前記第 1 の端からの出射光の検出時刻との差である第 2 の伝搬時間を各波長について各屈曲部または前記第 2 の端に関して求める第 8 のステップと、

各波長に関する夫々の前記第 2 の伝搬時間と前記第 2 の端から夫々の前記屈曲部または前記第 1 の端までの光路距離とに基づいて、前記第 2 の端から夫々の前記屈曲部または前記第 1 の端までの部分に関する第 3 の波長分散を求める第 9 ステップと、

各前記区間の両端に関する夫々の第 3 の波長分散と各前記区間の光路距離とに基づいて、各前記区間の第 4 の波長分散を求める第 10 のステップと、

前記第 2 の波長分散と前記第 4 の波長分散との平均値である第 5 の波長分散を求める第 11 のステップと、

を備えることを特徴とする請求項 5 記載の光ファイバの波長分散測定方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光ファイバの波長分散を非破壊で測定する光ファイバの波長分散測定方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 光ファイバを伝搬する信号は、その伝搬時間が波長依存性をもつことから、波長分散により遅延歪みが発生し、信号波形に歪みを生じる。従って、光ファイバの波長分散特性は、伝送路の伝送速度を決定する重要な特性である。

【0003】 この光ファイバの波長分散は、光ファイバを伝搬する光の伝搬時間の波長依存性を測定し、その伝搬時間を波長によって微分することにより求められる。このような光ファイバの波長分散の測定方法としては、パルス法や位相法があることが知られている。ここでは、従来の位相法による波長分散測定方法を、図 5 を用いて説明する。

【0004】 図 5 に示すように、光源 20 から出射され

た光を強度変調したものを、カプラー 22 によって 2 つに分岐し、その一方の光を被測定光ファイバ 24 の一端に入射する。被測定光ファイバ 24 中を伝搬し、他端から出射した光は、光受信器 26 によって受信され、電気信号に変換される。また、カプラー 22 によって分岐された他方の光は、参照光として、直接に光受信器 28 によって受信され、電気信号に変換される。これら光受信器 26、28 によって変換された 2 つの電気信号の位相差を位相計 30 によって測定する。そしてこの位相差から被測定光ファイバ 24 による伝搬時間を求める。更に、こうした操作を、光の波長を変えて繰り返し、被測定光ファイバを伝搬する光の伝搬時間の波長依存性を求め、その伝搬時間を波長によって微分することにより波長分散値を求める。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上記従来の光ファイバの波長分散測定方法においては、光ファイバ全長における波長分散値を求めることができるが、光ファイバの特定の区間における波長分散値を求めることは困難であった。即ち、長尺の光ファイバにおける波長分散値が長手方向に変化している場合において、ある特定の区間における波長分散値を求めようとしても、また長手方向における波長分散値の分布を求めようとしても、直接に測定することができず、光ファイバを切断して測定しなければならないという問題があった。

【0006】 そこで本発明は、上記の状況を鑑みてなされたものであり、光ファイバの特定の区間における波長分散値及び光ファイバの長手方向における波長分散値の分布を非破壊で精度よく測定することができる光ファイバの波長分散測定方法を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】 請求項 1 の光ファイバの波長分散測定方法は、(a) 第 1 の端から第 1 の光路距離だけ離れた部分を屈曲させ屈曲部とした光ファイバの第 1 の端から複数の波長の光を入射する第 1 のステップと、(b) 屈曲部から光ファイバの外へ漏洩した各波長の光の検出する第 2 のステップと、(c) 第 1 の端からの光の入射時刻と屈曲部からの漏洩光の検出時刻との差である第 1 の伝搬時間を各波長について求める第 3 のステップと、(d) 各波長に関する第 1 の伝搬時間と第 1 の端から屈曲部までの光路距離とに基づいて、第 1 の端から屈曲部までの部分に関する第 1 の波長分散を求める第 4 のステップとを備えることを特徴とする。

【0008】 請求項 1 の光ファイバの波長分散測定方法では、光ファイバの任意の箇所まで光ファイバを屈曲させ、その屈曲部から漏洩させた光を検出して、光ファイバへの光の入射時刻と屈曲部からの漏洩光の検出時刻との差から伝搬時間を測定するため、光ファイバの入射端(第 1 の端)から任意の箇所までの波長分散値を非破壊で求めることができる。

【 0 0 0 9 】 請求項 2 の光ファイバの波長分散測定方法は、請求項 1 の光ファイバの波長分散測定方法の第 4 のステップに引き続き、(e) 光ファイバの第 2 の端から複数の波長の光を入射する第 5 のステップと、(f) 屈曲部から光ファイバの外へ漏洩した各波長の光と第 1 の端から出射した各波長の光の夫々検出する第 6 のステップと、(g) 屈曲部からの漏洩光の検出時刻と第 1 の端からの出射光の検出時刻との差である第 2 の伝搬時間を各波長について求める第 7 のステップと、(h) 各波長に関する第 2 の伝搬時間と屈曲部から第 1 の端までの光路距離とに基づいて、屈曲部から第 1 の端までの部分に関する第 2 の波長分散を求める第 8 のステップと、

(i) 第 1 の波長分散と第 2 の波長分散との平均値である第 3 の波長分散を求める第 9 のステップとを備えることを特徴とする。

【 0 0 1 0 】 請求項 2 の光ファイバの波長分散測定方法では、請求項 1 の光ファイバの波長分散測定方法による波長分散の測定に加えて、光ファイバの第 2 の端から光を入射して屈曲部からの漏洩光と第 1 の端からの出射光とを検出する。そして、2 つの検出時刻との差から伝搬時間を測定し、請求項 1 の光ファイバの波長分散測定方法による波長分散の測定対象部の波長分散を別途測定し、2 つの測定値を平均しては測定対象部の波長分散を求めるので、精度良く測定対象部の波長分散を求めることができる。

【 0 0 1 1 】 請求項 3 の光ファイバの波長分散測定方法は、(a) 第 1 の端から第 1 の光路距離だけ離れた部分を屈曲させた第 1 の屈曲部と第 1 の端から第 2 の光路距離だけ離れた部分を屈曲させた第 2 の屈曲部とを有する光ファイバの第 1 の端から複数の波長の光を入射する第 1 のステップと、(b) 第 1 の屈曲部および第 2 の屈曲部の夫々から前記光ファイバの外へ漏洩した各波長の光の夫々検出する第 2 のステップと、(c) 第 1 の端からの光の入射時刻と第 1 の屈曲部からの漏洩光の検出時刻との差である第 1 の伝搬時間と第 1 の端からの光の入射時刻と第 2 の屈曲部からの漏洩光の検出時刻との差である第 2 の伝搬時間とを各波長について求める第 3 のステップと、(d) 各波長に関する第 1 の伝搬時間と第 1 の端から第 1 の屈曲部までの光路距離とに基づいて、第 1 の端から第 1 の屈曲部までの部分に関する第 1 の波長分散を求めるとともに、各波長に関する第 2 の伝搬時間と第 1 の端から第 2 の屈曲部までの光路距離とに基づいて、第 1 の端から第 2 の屈曲部までの部分に関する第 2 の波長分散を求める第 4 ステップと、(e) 第 1 の波長分散と第 2 の波長分散と第 1 の屈曲部から第 2 の屈曲部までの光路距離とに基づいて、第 1 の屈曲部から第 2 の屈曲部までの部分に関する第 3 の波長分散を求める第 5 のステップとを備えることを特徴とする。

【 0 0 1 2 】 請求項 3 の光ファイバの波長分散測定方法では、光ファイバの任意の 2 箇所まで光ファイバを屈曲さ

せ、その屈曲部から漏洩させた光を検出して、光ファイバへの光の入射時刻と 2 つの屈曲部からの漏洩光の検出時刻との差から光の入射端からの伝搬時間を測定し、光ファイバの光入射端 (第 1 の端) から任意の 2 箇所までの波長分散を夫々求めた後、2 つの屈曲部の間の部分の波長分散を求めるので、任意の 2 箇所の間の部分の波長分散を非破壊で求めることができる。

【 0 0 1 3 】 請求項 4 の光ファイバの波長分散測定方法は、請求項 3 の光ファイバの波長分散測定方法の第 5 のステップに引き続き、(f) 光ファイバの第 2 の端から複数の波長の光を入射する第 6 のステップと、(g) 第 1 の屈曲部および第 2 の屈曲部の夫々から光ファイバの外へ漏洩した各波長の光の夫々検出する第 7 のステップと、(h) 第 2 の端からの光の入射時刻と第 1 の屈曲部からの漏洩光の検出時刻との差である第 3 の伝搬時間と第 2 の端からの光の入射時刻と前記第 2 の屈曲部からの漏洩光の検出時刻との差である第 4 の伝搬時間とを各波長について求める第 8 のステップと、(i) 各波長に関する第 3 の伝搬時間と第 1 の端から第 1 の屈曲部までの光路距離とに基づいて、第 2 の端から第 1 の屈曲部までの部分に関する第 4 の波長分散を求めるとともに、各波長に関する第 4 の伝搬時間と第 2 の端から第 2 の屈曲部までの光路距離とに基づいて、第 2 の端から前記第 2 の屈曲部までの部分に関する第 5 の波長分散を求める第 9 ステップと、(j) 第 4 の波長分散と第 5 の波長分散と第 1 の屈曲部から第 2 の屈曲部までの光路距離とに基づいて、第 1 の屈曲部から第 2 の屈曲部までの部分に関する第 6 の波長分散を求める第 1 0 のステップと、(k) 第 3 の波長分散と第 6 の波長分散との平均値である第 7 の波長分散を求める第 1 1 のステップとを備えることを特徴とする。

【 0 0 1 4 】 請求項 4 の光ファイバの波長分散測定方法では、請求項 3 の光ファイバの波長分散測定方法による波長分散の測定に加えて、光ファイバの第 2 の端から光を入射して第 1 および第 2 の屈曲部からの漏洩光を検出する。そして、第 1 の端からの光入射時刻と 2 つの検出時刻との差から夫々伝搬時間を測定し、光ファイバの光入射端 (第 2 の端) から第 1 および第 2 の屈曲部までの波長分散を夫々求めた後、第 1 の屈曲部と第 2 の屈曲部との間の部分の波長分散を測定することにより、請求項 3 の光ファイバの波長分散測定方法による波長分散の測定対象部の波長分散を別途測定し、2 つの測定値を平均しては測定対象部の波長分散を求めるので、精度良く測定対象部の波長分散を求めることができる。

【 0 0 1 5 】 請求項 5 の光ファイバの波長分散測定方法は、(a) 複数の区間に区分され、夫々の区間の境界部を夫々屈曲した屈曲部を有する光ファイバの第 1 の端から複数の波長の光を入射する第 1 のステップと、(b) 夫々の屈曲部から光ファイバの外へ漏洩した各波長の光および前記光ファイバの第 2 の端からの出射光を夫々検

出する第 2 のステップと、(c) 第 1 の端からの光の入射時刻と夫々の屈曲部からの漏洩光の検出時刻または第 2 の端からの出射光の検出時刻との差である第 1 の伝搬時間を各波長について各屈曲部または第 2 の端に関して求める第 3 のステップと、(d) 各波長に関する夫々の第 1 の伝搬時間と第 1 の端から夫々の屈曲部または第 2 の端までの光路距離とに基づいて、第 1 の端から夫々の屈曲部または第 2 の端までの部分に関する第 1 の波長分散を求める第 4 ステップと、(e) 各区間の両端に関する夫々の第 1 の波長分散と各区間の光路距離とに基づいて、各区間の第 2 の波長分散を求める第 5 のステップとを備えることを特徴とする。

【0016】請求項 5 の光ファイバの波長分散測定方法では、光ファイバの各区間の両端に対応する屈曲部または第 2 の端からの漏洩光または出射光を検出して、光ファイバへの光の入射時刻と各屈曲部または第 2 の端での光の検出時刻との差から光の入射端からの伝搬時間を測定し、光ファイバの光入射端（第 1 の端）から各屈曲部または第 2 の端までの波長分散を夫々求めた後、各区間の波長分散を求めるので、光ファイバの全域にわたって、任意に区分した区間の波長分散を非破壊で求めることができる。従って、できるだけ長尺のままでの使用が望まれる実際の敷設用光ファイバ等において、非常に有効である。

【0017】請求項 6 の光ファイバの波長分散測定方法は、請求項 5 の光ファイバの波長分散測定方法の第 5 のステップに引き続き、(f) 光ファイバの第 2 の端から複数の波長の光を入射する第 6 のステップと、(g) 夫々の屈曲部から光ファイバの外へ漏洩した各波長の光および光ファイバの第 1 の端からの出射光を夫々検出する第 7 のステップと、(h) 第 2 の端からの光の入射時刻と夫々の屈曲部からの漏洩光の検出時刻または第 1 の端からの出射光の検出時刻との差である第 2 の伝搬時間を各波長について各屈曲部または第 2 の端に関して求める第 8 のステップと、(i) 各波長に関する夫々の第 2 の伝搬時間と第 2 の端から夫々の屈曲部または第 1 の端までの光路距離とに基づいて、第 2 の端から夫々の屈曲部または第 1 の端までの部分に関する第 3 の波長分散を求める第 9 ステップと、(j) 各区間の両端に関する夫々の第 3 の波長分散と各区間の光路距離とに基づいて、各区間の第 4 の波長分散を求める第 10 のステップと、

(k) 第 2 の波長分散と第 4 の波長分散との平均値である第 5 の波長分散を求める第 11 のステップとを備えることを特徴とする。

【0018】請求項 6 の光ファイバの波長分散測定方法では、請求項 5 の光ファイバの波長分散測定方法による波長分散の測定に加えて、光ファイバの第 2 の端から光

$$D_1 = [d T_1(\lambda) / d \lambda] / L_1 \quad \dots (1)$$

で求める。

【0023】このように本発明の実施の形態に係る光フ

を入射して各区間の両端に対応する屈曲部または第 1 の端からの漏洩光または出射光を検出する。そして、光ファイバへの光の入射時刻と各屈曲部または第 1 の端での光の検出時刻との差から光の入射端からの伝搬時間を測定し、光ファイバの光入射端（第 2 の端）から各屈曲部または第 1 の端までの波長分散を夫々求めた後、各区間の波長分散を測定することにより、請求項 5 の光ファイバの波長分散測定方法による波長分散の測定対象部の波長分散を別途測定し、2 つの測定値を平均しては測定対象部の波長分散を求めるので、精度良く測定対象部の波長分散を求めることができる。

【0019】

【発明の実施の形態】本発明の実施形態に係る光ファイバの波長分散測定方法を、図 1 を用いて説明する。ここで、図 1 は本発明の一実施の形態に係る光ファイバの波長分散測定方法を実施するための波長分散測定装置を示す概略図である。

【0020】図 1 に示すように、この波長分散測定装置においては、所定の波長の光を出射する光源 10 が、全長 L の被測定光ファイバ 12 の一端と光学的に結合されている。この被測定光ファイバ 12 は、その一端から距離 L<sub>1</sub> にある特定の地点で曲げられている。そしてこの被測定光ファイバ 12 の屈曲部の近傍には、被測定光ファイバ 12 からの漏洩光を検出して電気信号に変換する光受信器 14 が設置されている。また、被測定光ファイバ 12 を伝搬する光の伝搬時間を測定し、その測定データに基づいて波長分散値を演算する伝搬時間測定器 16 が、光源 10 及び光受信器 14 に接続して設置されている。

【0021】次に、この波長分散測定装置を用いた光ファイバの波長分散測定方法を説明する。

【0022】光源 10 から出射した所定の波長の光を被測定光ファイバ 12 の一端に入射し、被測定光ファイバ 12 中を伝搬させる。この被測定光ファイバ 12 中を伝搬する光は、被測定光ファイバ 12 の入射端から距離 L<sub>1</sub> にある屈曲部において光ファイバ 12 から漏洩する。そしてこの漏洩光を屈曲部近傍に設置した光受信器 14 によって検出し、電気信号に変換する。この電気信号を伝搬時間測定器 16 に送り、被測定光ファイバ 12 の入射端から距離 L<sub>1</sub> を伝搬した光の伝搬時間を測定する。更に、こうした操作を、光源 10 から出射する光の波長を変えて繰り返し、被測定光ファイバ 12 の入射端から距離 L<sub>1</sub> を伝搬する光の伝搬時間の波長 (λ) 依存性 T<sub>1</sub>(λ) を求める。そして、その伝搬時間を波長によって微分することにより、被測定光ファイバ 12 の入射端から距離 L<sub>1</sub> までの波長分散値 D<sub>1</sub> を

ファイバの波長分散測定方法によれば、被測定光ファイバ 12 の一端から所定の距離 L<sub>1</sub> にある特定の箇所

定光ファイバ 1 2 を曲げ、その屈曲部からの漏洩光を光受信器 1 4 により検出し、伝搬時間測定器 1 6 において被測定光ファイバ 1 2 の入射端から距離  $L_{11}$  を伝搬した光の伝搬時間を測定するため、被測定光ファイバ 1 2 の入射端から距離  $L_1$  にある特定の地点までの波長分散値

$$D_{111} = [d T_{111}(\lambda) / d \lambda] / L_{111} \quad \cdots (2)$$

で求め、更に、

$$D_{1111} = (D_{111} \cdot L_{111} - D_1 \cdot L_1) / (L_{111} - L_1) \quad \cdots (3)$$

を演算することにより、屈曲部間の波長分散  $D_{1111}$  を求めることができる。

【0025】以上を、被測定用光ファイバ 1 2 を複数の区間に区分し、各区間について適用すれば、被測定光ファイバ 1 2 の全域にわたって、任意区間の波長分散を測定することができる。ここで、被測定光ファイバ 1 2 の光出射端を含む領域の波長分散の測定にあたっては、光出射端からの出射光の検出が必要となる。

【0026】なお、被測定光ファイバ 1 2 の一方の端から光を入射して波長分散を測定後、他方の端から光を入射して波長分散を測定し、同一領域の波長分散の測定値の平均を求めることにより測定精度を向上することができる。

【0027】

【実施例】上記図 1 を用いて説明した実施の形態に係る光ファイバの波長分散測定方法により、実際の光ファイバについてその波長分散を測定した結果を、以下の実施例として述べる。

【0028】（実施例 1）被測定光ファイバとして、長さ 10 km、波長分散値  $-0.5 \text{ ps/nm/km}$  の第 1 の光ファイバと、長さ 10 km、波長分散値  $0.0 \text{ ps/nm/km}$  の第 2 の光ファイバと、長さ 10 km、波長分散値  $0.5 \text{ ps/nm/km}$  の第 3 の光ファイバとを順に溶融接続した全長 30 km の光ファイバを使用した。以下、被測定光ファイバの第 1 の光ファイバの部分を区間 A、第 2 の光ファイバの部分を区間 B、第 3 の光ファイバの部分を区間 C と呼ぶ。

【0029】この被測定光ファイバについて、上記図 1 を用いて説明した測定方法により、区間 A における波長分散を測定した。

【0030】光源から所定の波長の光を被測定光ファイバの第 1 の光ファイバ側の一端に入射して、被測定光ファイバ中を伝搬させ、入射端から 10 km の地点、即ち区間 A と区間 B との境界で被測定光ファイバを曲げて、その屈曲部から光を漏洩させた。そしてこの漏洩光を光受信器により検出し、伝搬時間測定器により被測定光ファイバの入射端から 10 km の距離を伝搬した光の伝搬時間を測定した。更に、こうした操作を、光の波長を変えて繰り返して、被測定光ファイバの区間 A を伝搬する光の伝搬時間の波長依存性を求め、その伝搬時間を波長によって微分して、被測定光ファイバの区間 A における波長分散値  $D_1$  を求めた。

$D_1$  を非破壊で求めることができる。

【0024】上記に加えて、被測定光ファイバ 1 2 の入射端から距離  $L_{11}$  に屈曲部を設け、同様にして、被測定光ファイバ 1 2 の入射端から距離  $L_{11}$  までの波長分散値  $D_{111}$  を

【0031】この実施例 1 による被測定光ファイバの区間 A における波長分散の測定結果を図 2 のグラフに示す。図 2 のグラフ中、実線は、実際に測定した被測定光ファイバの区間 A における波長分散値を示し、破線は、被測定光ファイバを構成する第 1 乃至第 3 の光ファイバのそれぞれの波長分散値を示す。

【0032】この図 2 のグラフから明らかなように、実線で示す被測定光ファイバの区間 A における波長分散値  $D_1$  は  $-0.5 \text{ ps/nm/km}$  となり、破線で示す第 1 の光ファイバの波長分散値と一致した。これにより、上記図 1 を用いて説明した光ファイバの波長分散測定方法の有効性を確認することができた。

【0033】なお、上記実施例 1 においては、被測定光ファイバの第 1 の光ファイバ側の一端から光を入射しているが、被測定光ファイバの第 3 の光ファイバ側の他端から光を入射して、被測定光ファイバの区間 A における波長分散値  $D_1$  を求めてもよい。

【0034】また、被測定光ファイバの第 1 の光ファイバ側の一端及び第 3 の光ファイバ側の他端の両方からそれぞれ光を入射して、被測定光ファイバの区間 A における波長分散値  $D_1$  を求めてもよい。この場合、第 1 の光ファイバ側の一端から光を入射して求めた区間 A における波長分散値と被測定光ファイバの第 3 の光ファイバ側の他端から光を入射して求めた区間 A における波長分散値とを平均化して、区間 A における波長分散値  $D_1$  を決定することとなる。従って、被測定光ファイバのいずれか一方の端部のみから光を入射して波長分散値を求めた場合より、測定精度を 2 倍に向上させることができる。

【0035】（実施例 2）被測定光ファイバとして、上記実施例 1 と同一の光ファイバを使用し、この被測定光ファイバについて、上記図 1 を用いて説明した方法により、区間 B における波長分散を測定した。

【0036】光源から所定の波長の光を被測定光ファイバの第 1 の光ファイバ側の一端に入射して、被測定光ファイバ中を伝搬させ、入射端から 10 km の地点及び 20 km の地点、即ち区間 A と区間 B との境界及び区間 B と区間 C との境界で被測定光ファイバをそれぞれ曲げて、それら 2 か所の屈曲部から光を漏洩させた。そしてこれらの漏洩光を光受信器によりそれぞれ検出し、伝搬時間測定器により被測定光ファイバの入射端から 10 km の距離及び 20 km の距離を伝搬した光の伝搬時間を測定した。更に、こうした操作を、光の波長を変えて繰



11

り返して、被測定光ファイバの区間 A 及び区間 A B を伝搬する光の伝搬時間の波長依存性を求め、その伝搬時間を波長によって微分して、被測定光ファイバの区間 A 及

$$D_1 = (20 D_{11} - 10 D_1) / (20 - 10) \cdots (4)$$

により求めた。

【0037】この実施例 2 による被測定光ファイバの区間 B における波長分散の測定結果を図 3 のグラフに示す。図 3 のグラフ中、実線は、実際に測定した被測定光ファイバの区間 B における波長分散値を示し、破線は、被測定光ファイバを構成する第 1 乃至第 3 の光ファイバ

【0038】この図 3 のグラフから明らかなように、実線で示す被測定光ファイバの区間 B における波長分散値  $D_1$  は  $0.0 \text{ ps/nm/km}$  となり、破線で示す第 2

$$D_1 = (20 D_{11} - 10 D_1) / (20 - 10) \cdots (5)$$

により、区間 B における波長分散値  $D_1$  を求めることとなる。

【0040】また、被測定光ファイバの第 1 の光ファイバ側の一端及び第 3 の光ファイバ側の他端の両方からそれぞれ光を入射して、被測定光ファイバの区間 B における波長分散値  $D_1$  を求めてもよい。この場合、第 1 の光ファイバ側の一端から光を入射して求めた区間 B における波長分散値と被測定光ファイバの第 3 の光ファイバ側の他端から光を入射して求めた区間 B における波長分散値とを平均化して、区間 B における波長分散値  $D_1$  を決定することとなる。従って、被測定光ファイバのいずれか一方の端部のみから光を入射して波長分散値を求めた場合より、測定精度を 2 倍に向上させることができる。

【0041】（実施例 3）被測定光ファイバとして、上記実施例 1 と同一の光ファイバを使用し、この被測定光ファイバについて、上記図 1 を用いて説明した方法により、区間 A、区間 B、及び区間 C における波長分散をそれぞれ測定し、被測定光ファイバ長手方向における波長分散値の分布を求めた。

【0042】上記実施例 2 の場合と同様にして、光源から所定の波長の光を被測定光ファイバの第 1 の光ファイ

$$D_1 = (20 D_{11} - 10 D_1) / (30 - 20) \cdots (6)$$

により求めた。こうして、被測定光ファイバの長手方向における波長分散値の分布を求めた。

【0043】この実施例 3 による被測定光ファイバの区間 A、区間 B、及び区間 C における波長分散の測定結果を図 4 のグラフに示す。図 4 のグラフ中、実線は、実際に測定した被測定光ファイバの区間 A、区間 B、及び区間 C における波長分散値を示し、破線は、被測定光ファイバを構成する第 1 乃至第 3 の光ファイバのそれぞれの波長分散値を示す。

【0044】この図 4 のグラフから明らかなように、実線で示す被測定光ファイバの区間 A、区間 B、及び区間 C における波長分散値  $D_1$ 、波長分散値  $D_1$ 、及び波長分散値  $D_1$  はそれぞれ  $-0.5 \text{ ps/nm/km}$ 、 $0$ 、

12

び区間 A B における波長分散値  $D_1$ 、及び波長分散値  $D_1$  を求めた。そして区間 B における波長分散値  $D_1$  を、

の光ファイバの波長分散値と一致した。これにより、上記図 1 を用いて説明した光ファイバの波長分散測定方法の有効性を確認することができた。

【0039】なお、上記実施例 2 においては、被測定光ファイバの第 1 の光ファイバ側の一端から光を入射しているが、被測定光ファイバの第 3 の光ファイバ側の他端から光を入射して、被測定光ファイバの区間 B における波長分散値  $D_1$  を求めてもよい。この場合、被測定光ファイバの区間 C 及び区間 B C における波長分散値  $D_1$ 、及び波長分散値  $D_1$  を求めた後、

バ側の一端に入射して、被測定光ファイバ中を伝搬させ、入射端から  $10 \text{ km}$  の地点及び  $20 \text{ km}$  の地点で被測定光ファイバをそれぞれ曲げて、それら 2 か所の屈曲部から光を漏洩させた。そしてこれらの漏洩光を光受信器によりそれぞれ検出し、伝搬時間測定器により被測定光ファイバの入射端から  $10 \text{ km}$  の距離及び  $20 \text{ km}$  の距離を伝搬した光の伝搬時間を測定した。また、光源から所定の波長の光を被測定光ファイバの第 1 の光ファイバ側の一端に入射し、測定光ファイバ中を伝搬した後、被測定光ファイバの第 3 の光ファイバ側の他端から出射した光を光受信器により検出し、伝搬時間測定器により被測定光ファイバの全長  $30 \text{ km}$  の距離を伝搬した光の伝搬時間を測定した。更に、こうした操作を、光の波長を変えて繰り返して、被測定光ファイバの区間 A、区間 A B、及び区間 A B C を伝搬する光の伝搬時間の波長依存性を求め、その伝搬時間を波長によって微分して、被測定光ファイバの区間 A、区間 A B、及び区間 A B C における波長分散値  $D_1$ 、波長分散値  $D_1$ 、及び波長分散値  $D_1$  を求めた。そして区間 B における波長分散値  $D_1$  を、(4) 式により求め、区間 C における波長分散値  $D_1$  を、

$0 \text{ ps/nm/km}$ 、及び  $0.5 \text{ ps/nm/km}$  となり、破線で示す第 1 乃至第 3 の光ファイバの波長分散値と一致した。これにより、上記図 1 を用いて説明した光ファイバの波長分散測定方法の有効性を確認することができた。

【0045】なお、上記実施例 3 においても、被測定光ファイバの第 1 の光ファイバ側の一端から光を入射する代わりに、被測定光ファイバの第 3 の光ファイバ側の他端から光を入射して、被測定光ファイバの被測定光ファイバの区間 A、区間 B、及び区間 C における波長分散値  $D_1$ 、波長分散値  $D_1$ 、及び波長分散値  $D_1$  を求めてもよい。この場合、被測定光ファイバの区間 C、区間 B C、及び区間 A B C における波長分散値  $D_1$ 、波長分散

値  $D_{1c}$ 、及び波長分散値  $D_{1,c}$  を求めた後、(5) 式及

$$D_1 = (20D_{1,c} - 10D_{1,c}) / (30 - 20) \cdots (7)$$

により、区間 B 及び区間 A における波長分散値  $D_1$ 、及び波長分散値  $D_{1,c}$  を求めることとなる。

【0046】また、被測定光ファイバの第 1 の光ファイバ側の一端及び第 3 の光ファイバ側の他端の両方からそれぞれ光を入射して、被測定光ファイバの区間 A、区間 B、及び区間 C における波長分散値  $D_{1,c}$ 、波長分散値  $D_{1,c}$ 、及び波長分散値  $D_{1,c}$  を求めてもよい。この場合、第 1 の光ファイバ側の一端から光を入射して求めた区間 A、区間 B、及び区間 C における波長分散値と被測定光ファイバの第 3 の光ファイバ側の他端から光を入射して求めた区間 A、区間 B、及び区間 C における波長分散値とをそれぞれ平均化して、区間 A、区間 B、及び区間 C における波長分散値  $D_{1,c}$ 、波長分散値  $D_{1,c}$ 、及び波長分散値  $D_{1,c}$  を決定することとなる。従って、被測定光ファイバのいずれか一方の端部のみから光を入射して波長分散値を求めた場合より、測定精度を 2 倍に向上させることができる。

【0047】

【発明の効果】以上、詳細に説明した通り、本発明に係る光ファイバの波長分散測定方法によれば、光ファイバの任意の箇所まで光ファイバを曲げ、その屈曲部から漏洩させた光を受信して伝搬時間を測定することにより、光ファイバの入射端から任意の箇所までの波長分散値を非破壊で求めることができる。

【0048】また、光ファイバの任意の 2 箇所まで光ファイバを曲げ、それらの屈曲部から漏洩させた光を受信して伝搬時間を測定することにより、光ファイバの任意の区間における波長分散値を非破壊で求めることができ

び

【0049】また、光ファイバの全長にわたって任意に分割した各区間における波長分散値を非破壊で求めることができるため、光ファイバの長手方向における波長分散値の分布を非破壊で求めることができる。従って、できるだけ長尺のままでの使用が望まれる実際の敷設用光ファイバ等において、非常に有効である。

【0050】また、光ファイバの両端からそれぞれ光を入射し、それぞれに求めた光ファイバの任意の区間における波長分散値の平均をとって、その区間における波長分散値とすることにより、波長分散測定精度を高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の実施の形態に係る光ファイバの波長分散測定方法を実施するための波長分散測定装置を示す概略図である。

【図 2】実施例 1 による被測定光ファイバの区間 A における波長分散の測定結果を示すグラフである。

【図 3】実施例 2 による被測定光ファイバの区間 B における波長分散の測定結果を示すグラフである。

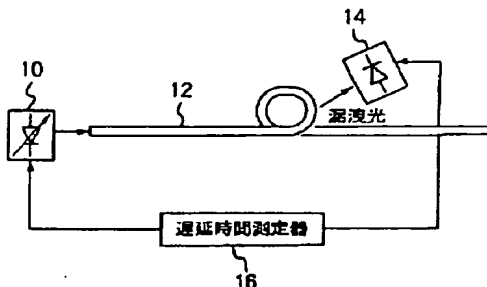
【図 4】実施例 3 による被測定光ファイバの区間 A、区間 B、及び区間 C における波長分散の測定結果を示すグラフである。

【図 5】従来の光ファイバの波長分散測定方法を説明するための図である。

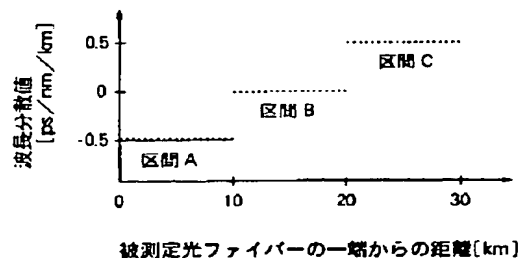
【符号の説明】

10…光源、12…被測定光ファイバ、14…光受信器、16…伝搬時間測定器、20…光源、22…ケーブル、24…被測定光ファイバ、26、28…光受信器、30…位相計。

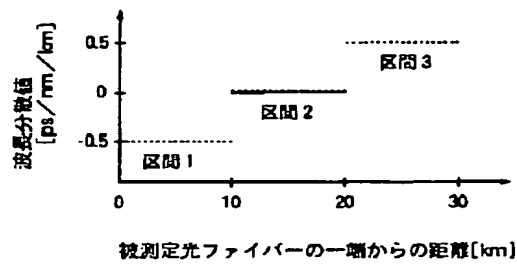
【図 1】



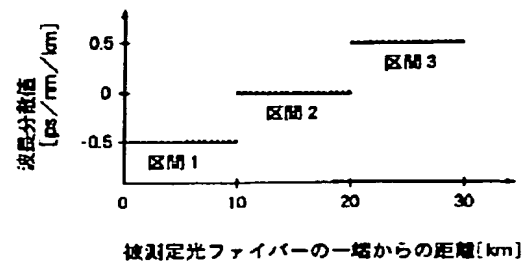
【図 2】



【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】

